

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
26 février 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/017089 A2(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 1/04
(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002288

(22) Date de dépôt international : 18 juillet 2003 (18.07.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/10276 13 août 2002 (13.08.2002) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

(72) Inventeur; et

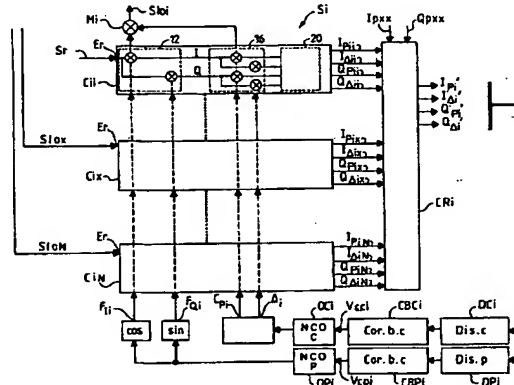
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MARTIN,
Nicolas [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, avenue
Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).(74) Mandataires : DOMINGUEZ, Mariano etc.; Thales In-
tellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117
Arcueil Cedex (FR).

(81) États désignés (national) : CA, US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: GLOBAL POSITIONING RECEIVER WITH CROSS-CORRELATION ERROR CORRECTION

(54) Titre : RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE AVEC CORRECTION D'ERREURS D'INTER-CORRE-
LATION

(57) Abstract: The invention relates to a global positioning receiver which receives signals from different satellites and which comprises one correlation channel, Cii, per satellite received. According to the invention, each correlator channel Cii comprises: a phase and quadrature correlation channel (12) for correlation between the received signal (Sr) and two respective local quadrature carriers (sine, cosine) that are generated by a digitally-controlled carrier oscillator (Opi)(NCOp); a code correlation channel (16) for code correlation of the output signals, I, Q, from the carrier correlation channel with the local codes (Cp_i, ?_i) supplied by a digital generator of local codes Oci; and an integrator (20) which, for each local code, supplies output signals, I_c Q_c, from correlator channel Cii of the satellite received, c denoting each of the local codes. For each channel used to correlate the signal received from a satellite, the inventive receiver comprises as many additional correlator channels as there are additional received satellites and the local point code of the received satellite is correlated with the local codes of other additional satellites. The invention can be used for EGNOS (RIMS), WAAS, GALILEO ground stations.

(57) Abrégé : L'invention concerne un récepteur de positionnement par satellite recevant des signaux de différents satellites, comportant un canal de corrélation Cii par satellite reçu, chaque canal corrélateur Cii ayant: une voie de corrélation en phase et en quadrature (12) entre le signal reçu (Sr) et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (Opi) (NCOp); une voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse avec les codes locaux fournis (Cp_i, Δ_i)

[Suite sur la page suivante]

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

par un générateur numérique de codes locaux OC_i; un intégrateur (20) pour fournir, pour chaque code local, des signaux I_c Q_c en sortie du canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu, c désignant chacun des codes locaux, Le récepteur selon l'invention comporte, pour chaque canal corrélateur de signal reçu d'un satellite, autant de canaux corrélateurs supplémentaires que de satellites supplémentaires reçus, et l'on corrèle le code local ponctuel du satellite reçu avec les codes locaux des autres satellites supplémentaires.

RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE AVEC CORRECTION D'ERREURS D'INTER-CORRELATION

Les systèmes de positionnement par satellites mettent en œuvre, pour une localisation, plusieurs satellites transmettant leurs positions par des signaux radioélectriques et un récepteur placé à la position à localiser estimant les distances dites pseudo-distances, qui le séparent des satellites à partir des temps de propagation des signaux des satellites captés et effectuant la localisation par triangulation. Plus les positions des satellites sont connues avec précision du récepteur et plus les mesures des pseudo-distances faites par le récepteur sont précises, plus la localisation obtenue est précise.

Les positions des satellites sont déterminées à partir d'un réseau de stations sol de poursuite indépendant des récepteurs de positionnement. Elles sont communiquées aux récepteurs de positionnement par les satellites eux-mêmes par transmission de données. Les pseudo-distances sont déduites par les récepteurs de positionnement des retards apparents présentés par les signaux reçus par rapport aux horloges des satellites qui sont toutes synchrones.

Si la précision de la connaissance des positions des satellites du système de positionnement est indépendante des performances d'un récepteur de positionnement, ce n'est pas le cas de celle des mesures de pseudo-distance qui dépend de la précision des mesures de temps de propagation des signaux, au niveau du récepteur.

Les signaux radioélectriques émis par des satellites parcourant de grandes distances, et étant émis avec des puissances limitées, parviennent avec de très faibles puissances aux récepteurs, noyés dans un bruit radioélectrique dû à l'activité d'émetteurs terrestres souvent puissants et beaucoup plus proches des récepteurs que les satellites qu'ils doivent recevoir. Pour faciliter leurs réceptions on a cherché à les rendre le moins sensible possible aux parasites à bande étroite, en augmentant leurs largeurs de bande au moyen de la technique de la bande étalée. Les systèmes actuels et prévus dans un futur proche, de positionnement par satellites utilisent, pour les signaux radioélectriques émis par leurs satellites, la technique d'étalement de bande par modulation à l'aide de séquences

binaires pseudo-aléatoires, technique dite DSSS (sigle tiré de l'anglo-saxon : "Direct Sequence Spread Spectrum"). Cette modulation DSSS consiste après avoir mis les informations à transmettre sous la forme d'une suite d'éléments binaires à débit régulier, d'effectuer le produit de chaque
5 élément binaire d'information avec une séquence binaire pseudo-aléatoire de débit nettement plus rapide. L'étalement de bande obtenu est proportionnel au rapport des débits de la suite d'éléments binaires d'information et de la suite binaire pseudo-aléatoire d'étalement.

Les informations à transmettre au niveau des satellites, une fois
10 mises sous forme d'une suite de données binaires étalée en fréquence par une modulation DSSS, sont transposées dans la plage de fréquence d'émission par modulation avec une porteuse d'émission. Pour faciliter les mesures des temps de propagation des signaux au niveau d'un récepteur de positionnement et éviter la présence de raies isolées dans les spectres des
15 signaux émis par les satellites, chaque séquence binaire pseudo-aléatoire utilisée pour un étalement en fréquence est constituée d'éléments binaires de même durée prise égale à des multiples entiers des périodes des porteuses d'émission tandis que les différents débits et fréquences utilisées au sein des satellites sont synchronisés et dérivent d'une horloge commune
20 de grande précision.

En réception, les informations binaires contenues dans un signal radioélectrique de satellite d'un système de positionnement sont extraites par deux démodulations effectuées de manière enchevêtrée, une première démodulation à l'aide d'une porteuse engendrée localement par un
25 oscillateur piloté par une boucle de poursuite en fréquence et en phase dite PLL (sigle tiré de l'anglo-saxon : "Phase Lock Loop") permettant de transposer le signal reçu en bande de base et une deuxième démodulation à l'aide de séquences binaires pseudo-aléatoires engendrées localement par un générateur de séquences binaires pseudo-aléatoires piloté par une
30 boucle de poursuite en temps dite DLL (sigle tiré de l'anglosaxon : Delay Lock Loop) permettant de désétalement la suite d'informations binaires présente dans le signal reçu.

Les temps de propagation des signaux reçus se manifestent, en réception, par des retards affectant les séquences binaires pseudo-aléatoires
35 présentes dans les signaux reçus et la porteuse modulant le signal reçu.

Les retards affectant les séquences binaires pseudo-aléatoires sont accessibles, modulo la durée d'un de leurs éléments binaires, au niveau des signaux d'asservissement des boucles de poursuite en temps DLL. Les retards constatés par ces boucles permettent des mesures non ambiguës ou
5 faiblement ambiguës, des temps de propagation des séquences binaires pseudo-aléatoires car les nombres de séquences pseudo-aléatoires entières s'écoulant pendant les trajets des signaux sont relativement petits. On parle de mesures de code.

Par exemple, pour le système de positionnement par satellites
10 GPS (sigle tiré de l'anglo-saxon :Global Positioning System), la séquence binaire pseudo-aléatoire la plus courte, celle utilisée pour l'étalement des signaux de satellites de type C/A (sigle provenant de l'anglo-saxon : "Coarse/Acquisition Code ou Clear/Aquisition Code), est composée de 1023 éléments binaires avec un débit de 1,023 MHz et une durée d'une
15 milliseconde. Sa durée totale correspond à un trajet de 300 Kms pour une onde radioélectrique et permet des mesures de distance modulo de 300 Kms. La durée de 1 microseconde de chacun de ses éléments binaires autorise une précision de l'ordre de 0,1 microsecondes dans la mesure de son retard à la réception correspondant à un trajet de 30 mètres pour une
20 onde radioélectrique. L'ambiguïté des mesures de pseudo-distance obtenues à partir de la séquence binaire pseudo-aléatoire d'un code C/A due au fait que l'on a affaire à des mesures modulo 300 Km est facile à lever dès que le récepteur reçoit plus de quatre satellites car il peut alors faire différents points sur la même position à partir de jeux différents de quatre satellites et
25 ne retenir que la solution commune. En l'absence d'une telle possibilité, l'ambiguïté peut être aussi levée à l'aide d'une connaissance préalable très grossière de la position. Une telle ambiguïté de mesure ne se pose pas avec les signaux de satellite du type P du système GPS qui utilisent pour leur étalement une séquence binaire pseudo-aléatoire d'une durée de 266,41
30 jours mais ces signaux ne sont pas à libre disposition des utilisateurs.

La figure 1 montre le synoptique d'un récepteur de positionnement par satellite de l'état de l'art. Le récepteur comporte un canal corrélateur 10 attaqué par le signal reçu, provenant d'une part des satellites de positionnement visibles par l'antenne du récepteur, et d'autre part de source perturbatrice.
35

Le canal corrélateur 10 comporte une voie de corrélation 12 en phase et en quadrature entre le signal reçu S_r et deux respectives porteuses locales F_I , F_Q . Ces porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) sont générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse 14 (NCO p) du récepteur.

Les signaux I , Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse sont ensuite corrélés dans une voie de corrélation de code 16 avec les codes locaux, ponctuel et delta, du satellite considéré, fourni par un générateur numérique de codes locaux 18.

Les corrélations de code sont ensuite intégrées par un respectif intégrateur 20 pour fournir des signaux I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ en sortie du canal corrélateur 10.

Une boucle de porteuse 22 et une boucle de code 24, du récepteur de l'état de l'art, réalisées de façon connue, fournissent respectivement à partir des signaux I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ en sortie du canal corrélateur 10, un signal de vitesse de porteuse V_{pc} pour contrôler l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) 14 générant les deux porteuses locales F_I , F_Q et un signal de vitesse de code V_{cc} pour contrôler l'oscillateur à commande numérique de code 18 générant le code local, ponctuel et delta, pour la voie de corrélation de code.

La radionavigation par satellite nécessite des moyens au sol (segment sol) afin de contrôler et de corriger les signaux émis par les satellites. Les stations sol notamment utilisent des moyens de réception qui fournissent des mesures de code et de porteuse. Ces mesures doivent être extrêmement précises car elles contribuent aux performances ultimes du système.

Ces mesures sont entachées d'erreurs dues aux inter-corrélations entre les signaux émis par tous les satellites visibles depuis les stations sol. En effet bien que les codes d'étalement utilisés soient conçus pour distinguer les signaux des satellites par corrélation, leur décorrélations ne sont pas parfaites du fait de leur longueur limitée et du Doppler dû au mouvement des satellites. Ces erreurs peuvent être gênantes lorsque les codes sont de période courte (codes C/A) et lorsque les vitesses entre le sol et les satellites sont faibles. C'est notamment le cas des satellites GEO des SBAS (Space Based Augmented Systems, type WAAS ou EGNOS) : la faible variation du

Doppler fait que ces erreurs deviennent des biais lentement variables que l'on ne sait pas filtrer. Elles peuvent atteindre plusieurs mètres.

L'idée de l'invention est basée sur l'utilisation de canaux de corrélation supplémentaires en plus du canal de corrélation du signal reçu d'un satellite afin d'estimer en temps réel les erreurs d'inter-corrélation, en code et en porteuse, entre le satellite concerné et tout autre satellite ; que l'on poursuit par ailleurs sur d'autres canaux et dont on connaît aussi de ce fait la position du code et de phase de la porteuse. Ces erreurs estimées peuvent ainsi être corrigées très simplement dans les boucles de poursuite.

L'invention propose à cet effet un récepteur de positionnement par satellites avec correction d'erreurs d'inter-corrélation entre les satellites, le récepteur comportant un canal de corrélation C_{ii} d'ordre i par satellite reçu, avec $i = 1, 2, \dots, N$, N étant le nombre de satellites reçus, chaque canal corrélateur C_{ii} ayant :

- une voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature entre le signal reçu S_r et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) ;

- une voie de corrélation de code à partir des signaux I , Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature, avec les codes locaux du satellite reçu, fourni par un générateur numérique de codes locaux ;

- un intégrateur pour fournir, pour chaque code local, des signaux I_c , Q_c en sortie du canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu, c désignant chacun des codes locaux ,

caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu autant de canaux corrélateurs supplémentaires C_{ix} que de satellites supplémentaires reçus avec $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i , et en ce qu'on corrèle les codes locaux du satellite reçu avec les codes locaux des autres satellites supplémentaires C_{ix} .

Dans une réalisation du récepteur selon l'invention les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code sont un code ponctuel et delta. La voie de corrélation de code comporte en fait deux voies de corrélation :

- une voie ponctuelle (I_P , Q_P),

- une voie delta (I_{Δ} , Q_{Δ}),

Dans une autre réalisation, les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code sont un code avance, ponctuel et delta. La voie de corrélation de code comporte en fait trois voies de corrélation :

- une voie avance (I_A , Q_A),
- une voie ponctuelle (I_P , Q_P), et
- une voie retard (I_R , Q_R), la voie delta étant reconstituée à partir de la voie avance moins la voie retard par les formules :

$$\begin{aligned} I_{\Delta} &= I_A - I_R \\ Q_{\Delta} &= Q_A - Q_R \end{aligned}$$

Dans une première réalisation du récepteur selon l'invention, recevant les N satellites, le récepteur comporte N sous-ensembles de réception S_i . Chaque sous-ensemble S_i de rang i comporte le canal corrélateur C_{ii} du signal du satellite reçu d'ordre i, avec $i = 1, 2, \dots, N$, et N-1 canaux corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, \dots, C_{ix}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires reçus avec $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i.

Chaque canal corrélateur C_{ii} de signal reçu est attaqué par son entrée de réception E_r par le signal reçu S_r . Chacun des canaux corrélateurs supplémentaires d'un sous-ensemble S_i , reçoit respectivement, d'une part, à son entrée de signal reçu E_r , un signal local S_{lox} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{lx} par le code local ponctuel C_{px} du canal corrélateur C_{xx} du satellite reçu d'ordre x et, d'autre part, à ses entrées locales de porteuse locale et de codes locaux, les respectives porteuses locales en quadrature F_{li} , F_{qi} et les codes locaux, C_{pi} et Δ_i , du canal corrélateur C_{ii} du signal reçu du satellite d'ordre i.

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'un exemple de réalisation d'un récepteur selon l'invention recevant plus de deux satellites en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente un récepteur de l'état de l'art ayant un canal corrélateur ;
- la figure 2 montre un sous-ensemble d'un récepteur selon l'invention recevant N satellites ;
- la figure 3 montre un récepteur, selon l'invention, pour trois satellites.

- la figure 4 montre un canal corrélateurs fonctionnant en bande de base ;

- la figure 5 montre un sous-ensemble du récepteur selon l'invention fonctionnant en bande de base ;

5 - la figure 6 montre un récepteur en bande de base, selon l'invention, pour trois satellites ;

La figure 2 montre un sous-ensemble d'un récepteur selon l'invention recevant N satellites.

10 Le récepteur comporte N sous-ensembles de réception pour les N satellites reçus. Chaque sous-ensemble S_i de rang i , avec $i = 2, 3, \dots, N$, comporte un canal corrélateur C_{ii} pour un satellite reçu $S_{at i}$ d'ordre i et $N-1$ corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, C_{ix}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires $S_{at1}, \dots, S_{atx}, \dots, S_{atN}$, avec x différent de i . Chacun de ces canaux corrélateurs supplémentaires C_{ix} reçoit respectivement, d'une part, à son entrée de signal reçu, un signal local S_{lox} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{ix} par le code local ponctuel C_{px} du canal corrélateur C_{xx} du signal reçu du satellite d'ordre x et, d'autre part, à ses entrées de porteuse locale et de codes locaux, les respectives porteuses locales en quadrature F_{i1}, F_{Qi} et les codes locaux, ponctuel C_{pi} et delta Δ_i , du canal

15 corrélateur C_{ii} du signal reçu du satellite d'ordre i .

20

Comme le canal corrélateur de signal reçu C_{ii} , chaque canal corrélateur supplémentaire de rang x dans le sous-ensemble S_i , avec $x=1, 2, \dots, N$ comporte :

25 - la voie de corrélation de porteuse 12 en phase et en quadrature entre le signal reçu et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) ;

- la voie de corrélation de code 16 à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux ponctuel C_{pi} et delta Δ_i du satellite d'ordre i ;

30 - un intégrateur pour fournir des signaux $I_{pix}, I_{\Delta ix}, Q_{pix}, Q_{\Delta ix}$ en sortie du canal corrélateur.

L'intégrateur du canal corrélateur C_{ii} de signal reçu fournit des signaux $I_{pi}, I_{\Delta i}, Q_{pi}, Q_{\Delta i}$.

Le sous-ensemble S_i comporte, en outre :

- un oscillateur à commande numérique de porteuse O_{Pi} (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{Ii} , F_{Qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré et un générateur numérique de codes locaux O_{Ci} (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel C_{pi} et delta Δ_i , pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré ;
- un multiplicateur M_i fournissant, pour les autres sous-ensembles S_x du récepteur, un signal local S_{loi} , résultant de la modulation de la porteuse locale F_{Ii} par le code ponctuel C_{pi} du sous-ensemble S_i considéré, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du satellite considéré avec les codes modulés par la porteuse des autres satellites ;
- un correcteur CR_i de corrélation fournissant à partir des signaux $I_{P_{ix}}$, $I_{\Delta_{ix}}$, $Q_{P_{ix}}$, $Q_{\Delta_{ix}}$ (x prenant, pour ces signaux $I_{P_{ix}}$, $I_{\Delta_{ix}}$, $Q_{P_{ix}}$, $Q_{\Delta_{ix}}$, les valeurs 1 à N) en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré S_i et des signaux $I_{P_{xx}}$, $Q_{P_{xx}}$ en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu des autres sous-ensembles S_x , avec x différent de i, des signaux corrigés I_{Pi}' , $I_{\Delta i}'$, Q_{Pi}' , $Q_{\Delta i}'$.
- un discriminateur de porteuse D_{Pi} fournissant à travers un correcteur de boucle de porteuse CB_{Pi} un signal de contrôle V_{cpi} de l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{Ii} , F_{Qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré ;
- un discriminateur de boucle de code DC_i fournissant à travers un correcteur de boucle de code CBC_i un signal de contrôle V_{cci} du générateur numérique de code local O_{Ci} (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel C_{pi} et delta Δ_i pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré.

Nous allons traiter par la suite, à titre d'exemple, le cas d'un récepteur selon l'invention configuré pour recevoir trois satellites ($N=3$).

La figure 3 montre un récepteur pour trois satellites comportant un premier S_1 , un deuxième S_2 et un troisième S_3 sous-ensembles de réception ayant trois canaux corrélateurs chacun. Les sous-ensembles de réception S_1 , S_2 et S_3 comportent les mêmes éléments que le sous-ensemble détaillé de la figure 2.

Les premier S_1 , deuxième S_2 , et troisième S_3 sous-ensembles du récepteur de la figure 3 comportent respectivement un premier C_{11} , un deuxième C_{22} et un troisième C_{33} canaux corrélateurs de signal attaqués à

leur entrée de réception E_r par le signal S_r reçu par le récepteur, chaque sous-ensemble comportant, en outre :

- 5 - dans le premier sous-ensemble S_1 , deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C_{12} et C_{13} attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux S_{l02} , S_{l03} issus respectivement d'un multiplicateur M_2 et d'un multiplicateur M_3 , le signal S_{l02} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l2} par le code ponctuel C_{p2} du deuxième satellite et le signal S_{l03} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l3} par le code ponctuel C_{p3} du troisième satellite ;
- 10 - dans le deuxième sous-ensemble S_2 , deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C_{21} et C_{23} attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux S_{l01} , S_{l03} issus respectivement d'un multiplicateur M_1 et du multiplicateur M_3 , le signal S_{l01} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l1} par le code ponctuel C_{p1} du premier satellite ;
- 15 - dans le troisième sous-ensemble S_3 , deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C_{31} et C_{32} attaqués à leur entrée de réception par les signaux locaux S_{l01} , S_{l02} issus respectivement des multiplicateurs M_1 et M_2 .
- 20 Chaque corrélateur de chacun des sous-ensembles S_i comporte :
 - la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature 12 (voir détail du corrélateur à la figure 2) entre le signal à leur entrée de réception et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus), F_{l1} , F_{Q1} pour le premier sous-ensemble S_1 , F_{l2} , F_{Q2} pour le
 - 25 deuxième S_2 et F_{l3} , F_{Q3} pour le troisième S_3 , ces porteuses étant générées respectivement, pour chacun des sous-ensembles S_1 , S_2 et S_3 , par un premier OP_1 , un deuxième OP_2 et un troisième OP_3 oscillateurs à commande numérique de porteuse (NCO p) ;
 - la voie de corrélation de code 16 à partir des signaux I , Q en
 - 30 sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux, ponctuel C_{p1} , C_{p2} , C_{p3} et delta Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 des satellites, respectivement d'ordre 1, 2, 3, fourni par un générateur numérique de codes locaux OC_1 , OC_2 et OC_3 , respectivement pour chaque sous-ensemble ;
 - un intégrateur par canal corrélateur pour fournir respectivement
 - 35 des signaux I_{p1x} , $I_{\Delta1x}$, Q_{p1x} , $Q_{\Delta1x}$ en sortie du canal corrélateur C_{1x} ; I_{p2x} , $I_{\Delta2x}$,

Q_{P2x} , $Q_{\Delta2x}$, en sortie canal corrélateur $C2x$ et I_{P3x} , $I_{\Delta3x}$, Q_{P3x} , $Q_{\Delta3x}$ en sortie canal corrélateur $C3x$, avec $x=1, 2, 3$.

Chaque sous-ensemble de trois corrélateurs comporte :

- 5 - un correcteur $Cr1$, $Cr2$, $Cr3$ de corrélations fournissant à partir des signaux I_{Pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{Pix} , $Q_{\Delta ix}$, avec $i=1, 2, 3$ (et $x=1, 2, 3$), en sortie des 3 canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré $S1$, $S2$, $S3$ et des signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu (d'ordre x) des autres sous-ensembles Sx , des signaux corrigés, I_{P1}' , $I_{\Delta1}'$, Q_{P1}' , $Q_{\Delta1}'$ en sortie du premier correcteur $Cr1$, I_{P2}' , $I_{\Delta2}'$, Q_{P2}' , $Q_{\Delta2}'$ en sortie du deuxième correcteur $Cr2$, I_{P3}' , $I_{\Delta3}'$, Q_{P3}' , $Q_{\Delta3}'$ en sortie du troisième correcteur $Cr3$, les signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu, attaquant les correcteurs, étant les signaux I_{P22} , I_{P33} , Q_{P22} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr1$, I_{P11} , I_{P33} , Q_{P11} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr2$ et I_{P11} , I_{P22} , Q_{P11} , Q_{P22} pour le correcteur $Cr3$,
- 15 - un discriminateur de porteuse $DP1$, $DP2$, $DP3$ fournissant respectivement à travers un correcteur de boucle de porteuse $CBP1$, $CBP2$, $CBP3$ un signal de contrôle $Vcp1$, $Vcp2$, $Vcp3$ du respectif oscillateur à commande numérique de porteuse $OP1$, $OP2$, $OP3$ (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{11} , F_{Q1} , pour le premier sous-ensemble $S1$, F_{12} , F_{Q2} , pour le deuxième sous-ensemble $S2$ et F_{13} , F_{Q3} , pour le troisième sous-ensemble $S3$;
- 20 - un discriminateur de boucle de code $DC1$, $DC2$, $DC3$ fournissant respectivement à travers un correcteur de boucle de code $CBC1$, $CBC2$, $CBC3$ un respectif signal de contrôle $Vcc1$, $Vcc2$, $Vcc3$ du générateur numérique de codes locaux $OC1$, $OC2$, $OC3$ (NCO c) pour fournir les codes locaux ponctuel et delta, $Cp1$, $\Delta1$ pour les trois corrélateurs du premier sous-ensemble $S1$, $Cp2$, $\Delta2$ pour les trois corrélateurs du deuxième sous-ensemble $S2$ et $Cp3$, $\Delta3$ pour les trois corrélateurs du troisième sous-ensemble $S3$.

30 Le récepteur de la figure 3 est configuré pour effectuer les corrections suivantes :

Pour le satellite 1 :

35 Sur la voie ponctuelle :

$$\begin{aligned} I_{P1}' &= I_{P11} - I_{P22} \cdot I_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{P13} \cdot 2/T \\ Q_{P1}' &= Q_{P11} - I_{P22} \cdot Q_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{P13} \cdot 2/T \end{aligned}$$

- sur la voie delta :

5

$$\begin{aligned} I_{\Delta 1}' &= I_{\Delta 11} - I_{P22} \cdot I_{\Delta 12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{\Delta 13} \cdot 2/T \\ Q_{\Delta 1}' &= Q_{\Delta 11} - I_{P22} \cdot Q_{\Delta 12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{\Delta 13} \cdot 2/T \end{aligned}$$

soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

10

$$\begin{aligned} I_{P1}' + jQ_{P1}' &= I_{P11} + jQ_{P11} - I_{P22} (I_{P12} + jQ_{P12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{P13} + jQ_{P13}) \cdot 2/T \\ I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' &= I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - I_{P22} (I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13}) \cdot 2/T \end{aligned}$$

15 avec $\frac{T}{2} = \int_0^T (\text{signal local}(t))^2 dt$, T durée d'intégration de l'intégrateur 20 sur la figure 1

Justification :

20 Remarque : sur les figures et, dans le but de simplifier leur lecture, on écrira :

Code local ponctuel_{satellite 1} = Slo1
Code local ponctuel_{satellite 2} = Slo2
Code local ponctuel_{satellite 3} = Slo3

25

Par construction :

$$\begin{aligned} I_{P1} &= \int_0^T [\text{signal reçu}(t)] [\text{code local}_{\text{satellite 1}}(t) \cdot \text{porteuse locale en phase}_{\text{satellite 1}}(t)] dt \\ Q_{P1} &= \int_0^T [\text{signal reçu}(t)] [\text{code local}_{\text{satellite 1}}(t) \cdot \text{porteuse locale en quadrature}_{\text{satellite 1}}(t)] dt \end{aligned}$$

30 Soit, en développant, et en négligeant les bruits :

$$\begin{aligned} I_{P1} &= \int_0^T [A_1 \cdot \text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \cdot \text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2) + \\ &\quad A_2 \cdot \text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \end{aligned}$$

$$Q_{P1} = \int_0^T [A_1 \cdot \text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1) + A_2 \cdot \text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2) +$$

35 $A_2 \cdot \text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt$

$$\begin{aligned}
 I_{P1} = & \int_0^T [A_1 \cdot \text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 & - A_2 \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 & - A_3 \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5 \quad Q_{P1} = & \int_0^T [A_1 \cdot \text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 & - A_2 \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 & - A_3 \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

10 On voudrait idéalement :

$$\begin{aligned}
 I_{P1}' &= \int_0^T [\text{signal reçu}_{\text{satellite } 1}(t)] [\text{code local}_{\text{satellite } 1}(t) \cdot \text{porteuse locale en phase}_{\text{satellite } 1}(t)] dt \\
 Q_{P1}' &= \int_0^T [\text{signal reçu}_{\text{satellite } 1}(t)] [\text{code local}_{\text{satellite } 1}(t) \cdot \text{porteuse locale en quadrature}_{\text{satellite } 1}(t)] dt
 \end{aligned}$$

15 Soit en développant :

$$\begin{aligned}
 I_{P1}' &= \int_0^T [A_1 \cdot \text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 Q_{P1}' &= \int_0^T [A_1 \cdot \text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{P1}' &= I_{P1} - A_2 \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt - \\
 20 \quad & A_3 \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{P1}' &= Q_{P1} - A_2 \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt - \\
 & A_3 \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

Sachant que :

$$\begin{aligned}
 I_{P12} &= \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 Q_{P12} &= \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 5 \quad I_{P13} &= \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 Q_{P13} &= \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

Et, en négligeant les termes d'inter-corrélation entre les satellites, et en supposant que les porteuses locales sont en phase avec les porteuses reçues :

$$I_{P22} = \int_0^T [A_2 \cdot \text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] dt = \frac{T}{2} A_2$$

$$I_{P33} = \int_0^T [A_3 \cdot \text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] dt = \frac{T}{2} A_3$$

15

On obtient bien les formules proposées lorsque l'on remplace les termes de correction par les termes I_{PIX} et Q_{PIX} correspondants.

De même :

20

$$\begin{aligned}
 I_{\Delta 1}' &= I_{\Delta 1} - A_2 \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{delta}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt - \\
 &\quad A_3 \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{delta}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

25

$$\begin{aligned}
 Q_{\Delta 1}' &= Q_{\Delta 1} - A_2 \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{delta}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt - \\
 &\quad A_3 \int_0^T [\text{code}_3(t + \tau_3) \cdot \sin(\omega t + \varphi_3)] [\text{delta}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\Delta 12} &= \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{delta}_1(t + \tau_1) \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)] dt \\
 Q_{\Delta 12} &= \int_0^T [\text{code}_2(t + \tau_2) \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)] [\text{delta}_1(t + \tau_1) \cdot \cos(\omega t + \varphi_1)] dt
 \end{aligned}$$

Dans le cas où les porteuses locales ne sont pas tout à fait en phase avec les porteuses reçues, à cause de la dynamique (porteur, horloge récepteur, satellite) on montre que :

5

Pour le premier satellite Sat1 :

- pour la voie ponctuelle :

$$10 \quad \begin{aligned} I_{P1}' &= I_{P11} - (I_{P22} \cdot I_{P12} - Q_{P22} \cdot Q_{P12}) \cdot \frac{2}{T} - (I_{P33} \cdot I_{P13} - Q_{P33} \cdot Q_{P13}) \cdot \frac{2}{T} \\ Q_{P1}' &= Q_{P11} - (I_{P22} \cdot Q_{P12} + Q_{P22} \cdot I_{P12}) \cdot \frac{2}{T} - (I_{P33} \cdot Q_{P13} + Q_{P33} \cdot I_{P13}) \cdot \frac{2}{T} \end{aligned}$$

- sur la voie delta :

$$15 \quad \begin{aligned} I_{\Delta 1}' &= I_{\Delta 11} - (I_{P22} \cdot I_{\Delta 12} - Q_{P22} \cdot Q_{\Delta 12}) \cdot \frac{2}{T} - (I_{P33} \cdot I_{\Delta 13} - Q_{P33} \cdot Q_{\Delta 13}) \cdot \frac{2}{T} \\ Q_{\Delta 1}' &= Q_{\Delta 11} - (I_{P22} \cdot Q_{\Delta 12} + Q_{P22} \cdot I_{\Delta 12}) \cdot \frac{2}{T} - (I_{P33} \cdot Q_{\Delta 13} + Q_{P33} \cdot I_{\Delta 13}) \cdot \frac{2}{T} \end{aligned}$$

Soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$20 \quad \begin{aligned} I_{P1}' + jQ_{P1}' &= I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T \\ I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' &= I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13})/T \end{aligned}$$

Pour le deuxième satellite Sat2:

$$25 \quad \begin{aligned} I_{P2}' + jQ_{P2}' &= I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P21} + jQ_{P21})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/T \\ I_{\Delta 2}' + jQ_{\Delta 2}' &= I_{\Delta 22} + jQ_{\Delta 22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta 21} + jQ_{\Delta 21})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 23} + jQ_{\Delta 23})/T \end{aligned}$$

Pour le troisième satellite Sat3 :

$$30 \quad \begin{aligned} I_{P3}' + jQ_{P3}' &= I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P31} + jQ_{P31})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P32} + jQ_{P32})/T \\ I_{\Delta 3}' + jQ_{\Delta 3}' &= I_{\Delta 33} + jQ_{\Delta 33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta 31} + jQ_{\Delta 31})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 32} + jQ_{\Delta 32})/T \end{aligned}$$

Généralisation :

35 Sur la voie ponctuelle :

$$\begin{aligned} I_{Pi}' &= I_{Pij} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot I_{Pix} - Q_{Pxx} \cdot Q_{Pix}) \cdot \frac{2}{T} \\ Q_{Pi}' &= Q_{Pij} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot Q_{Pix} + Q_{Pxx} \cdot I_{Pix}) \cdot \frac{2}{T} \end{aligned}$$

40 Sur la voie delta :

$$\begin{aligned} I_{\Delta i}' &= I_{\Delta ij} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot I_{\Delta ix} - Q_{Pxx} \cdot Q_{\Delta ix}) \cdot \frac{2}{T} \\ Q_{\Delta i}' &= Q_{\Delta ij} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot Q_{\Delta ix} + Q_{Pxx} \cdot I_{\Delta ix}) \cdot \frac{2}{T} \end{aligned}$$

Soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$\begin{aligned} I_{Pi}' + j Q_{Pi}' &= I_{Pii} + j Q_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + j Q_{Px})(I_{Pix} + j Q_{Pix})/T \\ 5 \quad I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}' &= I_{\Delta ii} + j Q_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px} + j Q_{Px})(I_{\Delta ix} + j Q_{\Delta ix})/T \end{aligned}$$

Afin de rendre la notation des indices plus systématique, l'indice ii adresse le canal corrélateur Cii du sous-ensemble Si qui traite le signal reçu, différent des autres canaux corrélateur Cix du sous-ensemble Si qui, eux, traitent les signaux locaux des autres satellites d'ordre respectif x, issus des canaux corrélateurs Cxx des autres sous-ensembles Sx.

Dans une variante du récepteur avec correction d'erreurs d'inter-corrélation, selon l'invention, les canaux corrélateurs sont attaqués en bande de base avec des signaux I et Q.

La figure 4 montre un canal corrélateur 50 fonctionnant avec un signal reçu Br en bande de base. Comme dans le cas du canal corrélateur 10 de la figure 1, le canal corrélateur 50 en bande de base comporte une voie de corrélation 52 en phase et en quadrature entre le signal reçu en bande de base, sous forme de deux signaux I et Q en quadrature, et deux respectives porteuses locales F_i , F_Q . Ces porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) sont générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse 54 (NCO p) du récepteur.

Les signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse sont ensuite corrélés dans une voie de corrélation de code 56 avec les codes locaux, ponctuel Cp et delta Δ , fournis par un générateur numérique de codes locaux 58.

Les corrélations de code sont ensuite intégrés par un respectif intégrateur 60 pour fournir des signaux I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ en sortie du canal corrélateur 50.

La figure 5 montre un sous-ensemble de rang i du récepteur selon l'invention fonctionnant en bande de base.

Comme dans le récepteur de la figure 2 fonctionnant avec les signaux reçus, le récepteur en bande de base comporte N sous-ensembles de réception pour N satellites reçus. Chaque sous-ensemble Si de rang i, avec $i = 2, 3, \dots, N$, comporte un canal corrélateur Cii pour un satellite reçu Sati et N-1 corrélateurs supplémentaires Ci1, Cix, ... CiN pour les satellites

supplémentaires Sat1, Satx, ...SatN, avec x différent de i. Le canal corrélateur Cii et les canaux supplémentaires ayant la structure du canal corrélateur en bande de base de la figure 4. Le sous-ensemble Si comporte, en outre :

- 5 - un oscillateur à commande numérique de porteuse OPi (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré et un générateur numérique de codes locaux OCi (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel C_{pi} et delta Δ_i , pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;
- 10 - un premier Mli et un second MQi multiplicateurs fournissant pour les autres sous-ensembles du récepteur un premier Slli et un second SIqi signaux locaux résultant de la modulation des signaux en quadrature F_{li} et F_{qi} de la porteuse locale par le code ponctuel C_{pi} du sous-ensemble considéré, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du
- 15 satellite considéré avec les codes modulés par la porteuse des autres satellites ;
- un correcteur CRI de corrélation fournissant à partir des signaux I_{pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{pix} , $Q_{\Delta ix}$ en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré Si et des signaux I_{pxx} , Q_{pxx} en sortie des canaux corrélateurs de
- 20 signal reçu des autres sous-ensembles Sx, avec x différent de i, des signaux corrigés I_{pi}' , $I_{\Delta i}'$, Q_{pi}' , $Q_{\Delta i}'$.
- un discriminateur de porteuse DPi fournissant à travers un correcteur de boucle de porteuse CBPi un signal de contrôle V_{cpi} de
- 25 l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré ;
- un discriminateur de boucle de code DCi fournissant à travers un correcteur de boucle de code CBCi un signal de contrôle V_{cci} du générateur
- 30 numérique de codes locaux Oci (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel C_{pi} et delta Δ_i pour les N corrélateurs du sous-ensemble Si considéré.

La figure 6 montre un récepteur en bande de base pour trois satellites Sat1, Sat2 et Sat3 comportant un premier S1, un deuxième S2 et un troisième S3 sous-ensembles de réception ayant trois canaux corrélateurs

35 chacun. Les sous-ensembles de réception S1, S2 et S3 comportent les

mêmes éléments que le sous-ensemble détaillé de la figure 4 fonctionnant en bande de base.

Le récepteur de la figure 6 est configuré pour effectuer les mêmes corrections que celles du récepteur de la figure 3 sauf que l'on remplace $T/2$ par T dans les formules de correction.

Par exemple pour le satellite 1 :

$$I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13})/T$$

Dans une variante de configuration, le récepteur selon l'invention utilise trois corrélateurs de code :

- une voie avance (I_A, Q_A),
- une voie ponctuelle (I_P, Q_P), et
- une voie retard (I_R, Q_R), la voie delta étant équivalente à la voie

avance moins la voie retard.

Dans une autre variante du récepteur selon l'invention, on applique le même procédé sur la voie delta reconstituée en sortie des corrélateurs par les formules :

$$I_{\Delta ix} = I_{Aix} - I_{Rix}$$

$$Q_{\Delta ix} = Q_{Aix} - Q_{Rix}$$

Les inter-corrélations sont calculées deux fois dans la description précédente. En fait, il est possible d'économiser des corrélateurs grâce à la formule ci-dessous :

Pour le premier satellite Sat1, on calcule ($I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta$)₁₂ et ($I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta$)₁₃ en plus de ($I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta$)₁₁

$$I_{P1}' + jQ_{P1}' = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$I_{\Delta 1}' + jQ_{\Delta 1}' = I_{\Delta 11} + jQ_{\Delta 11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 12} + jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 13} + jQ_{\Delta 13})/T$$

Pour le deuxième satellite Sat2, on calcule ($I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta$)₂₃ en plus de ($I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta$)₂₂

$$I_{P2}' + jQ_{P2}' = I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P12} - jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/T$$

$$I_{\Delta 2}' + jQ_{\Delta 2}' = I_{\Delta 22} + jQ_{\Delta 22} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta 12} - jQ_{\Delta 12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta 23} + jQ_{\Delta 23})/T$$

Pour le troisième satellite 3, on ne calcule rien de plus que (I_P , I_Δ , Q_P , Q_Δ)₃₃

$$\begin{aligned} 5 \quad I_{P3}' + jQ_{P3}' &= I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P13} - jQ_{P13})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P23} - jQ_{P23})/T \\ I_{\Delta 3}' + jQ_{\Delta 3}' &= I_{\Delta 33} + jQ_{\Delta 33} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta 13} - jQ_{\Delta 13})/T + (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta 23} - jQ_{\Delta 23})/T \end{aligned}$$

En généralisant, pour $x > i$:

$$\begin{aligned} 10 \quad I_{Px i} &= + I_{P i x} \\ Q_{Px i} &= - Q_{P i x} \\ I_{\Delta x i} &= - I_{\Delta i x} \\ Q_{\Delta x i} &= + Q_{\Delta i x} \end{aligned}$$

En résumé, au lieu d'avoir N^2-N canaux corrélateurs en plus on en a

$$15 \quad (N^2-N)/2.$$

Les termes I_{Pii} et Q_{Pii} dans les formules, estimation de l'amplitude complexe des signaux reçus respectivement des satellites i , ne tiennent pas compte des corrections. Afin d'améliorer la précision, on pourrait les remplacer par I_{Pi}' et Q_{Pi}' dans les formules. Dans ce cas, elles deviennent :

$$\begin{aligned} 20 \quad I_{Pi}' + jQ_{Pi}' &= I_{Pii} + jQ_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + jQ_{Px}') (I_{P i x} + jQ_{P i x}) / 2/T \\ I_{\Delta i}' + jQ_{\Delta i}' &= I_{\Delta ii} + jQ_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + jQ_{Px}') (I_{\Delta i x} + jQ_{\Delta i x}) / 2/T \end{aligned}$$

La problème qui se pose alors est que l'application des formules

25 demande des entrées I_{Pi}' et Q_{Pi}' qui sont elles mêmes les sorties du calcul. Afin de pallier à cela, dans une variante du récepteur selon l'invention, on peut utiliser à chaque itération du calcul les termes corrigés I_{Pi}' et Q_{Pi}' de l'itération précédente, en initialisant le calcul avec des termes I_{Pii} et Q_{Pii} non corrigés, après la phase d'acquisition et de convergence :

$$\begin{aligned} 30 \quad (I_{Pi}' + jQ_{Pi}')_n &= (I_{Pii} + jQ_{Pii})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + jQ_{Px}')_{n-1} \cdot (I_{P i x} + jQ_{P i x})_n \cdot 2/T \\ (I_{\Delta i}' + jQ_{\Delta i}')_n &= (I_{\Delta ii} + jQ_{\Delta ii})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + jQ_{Px}')_{n-1} \cdot (I_{\Delta i x} + jQ_{\Delta i x})_n \cdot 2/T \end{aligned}$$

L'itération indiquée par n peut être soit dans le temps, correspondant à

35 chaque fois à des données nouvelles, soit celle d'un calcul récursif convergeant vers la solution idéale. Dans une variante du récepteur selon

l'invention, lorsque le signal reçu est filtré (spectre limité), il est possible et recommandé d'appliquer le même filtrage aux signaux locaux. Cela oblige par contre, à mettre en place un filtre pour chaque signal local, donc un par satellite, contrairement au signal reçu qui est unique.

5 Nous allons voir, par la suite, un procédé d'acquisition du signal par le récepteur selon l'invention.

 On acquiert un premier satellite, sans correction, par un processus de recherche classique en boucle ouverte, bien connu de l'homme de l'art. A l'issue de ce processus, on passe en poursuite, on en déduit le signal local
10 de ce premier satellite et on corrige les inter-corrélations sur les autres canaux en phase de recherche (en boucle ouverte). Cela permet d'acquérir les satellites les plus faibles (en dernier) en réduisant le risque de se tromper à cause d'une corrélation avec le signal d'un autre satellite plus puissant.

 A chaque fois qu'un nouveau satellite est acquis et poursuivi, on
15 calcul et on applique les corrections d'intercorrélation sur les mesures de tous les autres satellites déjà poursuivis.

 Le récepteur selon l'invention présente une excellente stabilité. En effet, du fait que les coefficients d'inter-corrélation sont nettement inférieurs à 1 (-24 dB pour les codes C/A), les boucles de poursuites sont
20 stables et convergent vers un état où il n'y a plus d'erreur d'inter-corrélation.

 Le récepteur selon l'invention permet l'estimation des erreurs d'inter-corrélation en temps réel, sur les échantillons cumulés I et Q ponctuels et deltas, grâce à des canaux supplémentaires, par corrélation entre les codes locaux des satellites poursuivis et la correction des
25 échantillons cumulés I et Q ponctuels et deltas avant les discriminateurs de phase de porteuse et de code.

 Le récepteur selon l'invention élimine complètement les erreurs d'inter-corrélation entre tous les satellites dont le signal est poursuivi, en régime permanent, après une phase de convergence rapide. Les erreurs
30 résiduelles, dues aux bruits thermiques et aux traînages des boucles, dépendent du rapport signal sur bruit, de la dynamique et des bandes de boucle. Pour des applications à très faible dynamique (station sol) le gain de la méthode peut être très important, faisant passer l'erreur de mesure de quelques mètres à quelques dizaines de centimètres, soit un facteur 10.

REVENDICATIONS

1. Récepteur de positionnement par satellites avec correction d'erreurs d'inter-corrélation entre les satellites, le récepteur comportant un canal de corrélation C_{ii} d'ordre i par satellite reçu, avec $i = 1, 2, \dots, N$, N étant le nombre de satellites reçus (Sat1, Sat2, ...SatN), chaque canal corrélateur C_{ii} ayant :

- une voie de corrélation de porteuse (12), en phase et en quadrature entre le signal reçu (S_r , B_r) et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) ;

- une voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I , Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature, avec les codes locaux du satellite reçu, fourni par un générateur numérique de codes locaux ;

- un intégrateur (20) pour fournir, pour chaque code local, des signaux I_c , Q_c en sortie du canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu, c désignant chacun des codes locaux ,

caractérisé en ce qu'il comporte, pour chaque canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu autant de canaux corrélateurs supplémentaires C_{ix} que de satellites supplémentaires reçus avec $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i , et en ce qu'on corrèle les codes locaux du satellite reçu avec les codes locaux des autres satellites supplémentaires C_{ix} .

2. Récepteur de positionnement par satellites selon la revendication 1, caractérisé en ce que les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code (16, 56) sont un code ponctuel et un code delta, la voie de corrélation de code comportant en fait deux voies de corrélation :

- une voie ponctuelle (I_P , Q_P),
- une voie delta (I_Δ , Q_Δ).

3. Récepteur de positionnement par satellites selon la revendication 1, caractérisé en ce que les codes locaux du satellite reçu pour la voie de corrélation de code (16, 56) sont un code ponctuel, un code avance et un code retard, et en ce que l'intégrateur (20) fournit des signaux (I_P ,

Q_P, I_A, Q_A, I_R, Q_R), la voie de corrélation de code comportant trois voies de corrélation :

- une voie avance (I_A, Q_A),
- une voie ponctuelle (I_P, Q_P), et
- 5 - une voie retard (I_R, Q_R), la voie delta étant reconstituée à partir de la voie avance moins la voie retard par les formules :

$$I_\Delta = I_A - I_R$$

$$Q_\Delta = Q_A - Q_R$$

10 4. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte N sous-ensembles de réception S_i , chaque sous-ensemble S_i de rang i ayant le canal corrélateur C_{ii} du signal du satellite reçu d'ordre i et N-1 canaux corrélateurs supplémentaires $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{iN}$ pour les satellites supplémentaires
 15 reçus, $x = 1, 2, \dots, N$ et x différent de i , chaque canal corrélateur C_{ii} de signal reçu étant attaqué par son entrée de réception (E_r) par le signal reçu (S_r), chacun des canaux corrélateurs supplémentaires d'un sous-ensemble S_i , recevant respectivement, d'une part, à son entrée de signal reçu (E_r), un signal local S_{lox} résultant de la modulation de la porteuse locale (F_{lx}) par le
 20 code local ponctuel (C_{px}) du canal corrélateur C_{xx} du satellite reçu d'ordre x , et, d'autre part, à ses entrées locales de porteuse locale et des codes locaux, les respectives porteuses locales en quadrature (F_{li}, F_{qi}) et les codes locaux (C_{pi} et Δi) du canal corrélateur (C_{ii} du signal reçu du satellite d'ordre i).

25 5. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 4, caractérisé en ce chaque canal corrélateur C_{ix} de rang x dans le sous-ensemble S_i , avec $x = 1, 2, \dots, N$, comporte :

- la voie de corrélation de porteuse (12) en phase et en quadrature entre le signal reçu et deux respectives porteuses locales en quadrature
 30 (sinus, cosinus) ;
- la voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux ponctuel (C_{pi}) et delta (Δi) du satellite d'ordre i ;
- un intégrateur (20) pour fournir des signaux $I_{pix}, I_{\Delta ix}, Q_{pix}, Q_{\Delta ix}$ en
 35 sortie du canal corrélateur,

le sous-ensemble S_i comportant, en outre :

- un oscillateur à commande numérique de porteuse (O P_i) (NCO p) pour fournir des porteuses locales F_{li} , F_{qi} pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré et un générateur numérique de codes locaux (O C_i) pour fournir le codes locaux, ponctuel (C p_i) et delta (Δi), pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré ;
- un multiplicateur M_i fournissant pour les autres sous-ensembles S_x du récepteur un signal local S_{loi} , résultant de la modulation du la porteuse locale (F_{li}) par le code ponctuel (C p_i) du sous-ensemble considéré S_i , pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du satellite considéré avec les codes modulés par les porteuses des autres satellites ;
- un correcteur C R_i de corrélation fournissant à partir des signaux $I_{P_{ix}}$, $I_{\Delta ix}$, $Q_{P_{ix}}$, $Q_{\Delta ix}$ en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré (S_i), x prenant, pour ces signaux $I_{P_{ix}}$, $I_{\Delta ix}$, $Q_{P_{ix}}$, $Q_{\Delta ix}$, les valeurs 1 à N, et des signaux $I_{P_{xx}}$, $I_{Q_{xx}}$ en sortie des canaux corrélateurs C xx de signal reçu des autres sous-ensembles S_x , des signaux corrigés $I_{P_i'}$, $I_{\Delta i'}$, $Q_{P_i'}$, $Q_{\Delta i'}$.
- un discriminateur de porteuse D P_i fournissant à travers un correcteur de boucle de porteuse C B_{P_i} un signal de contrôle V_{cpi} de l'oscillateur à commande numérique de porteuse (NCO p) pour fournir des porteuses locales (F_{li} , F_{qi}) pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré ;
- un discriminateur de boucle de code D C_i fournissant à travers un correcteur de boucle de code C B_{C_i} un signal de contrôle V_{cci} du générateur numérique de codes locaux (O C_i) (NCO c) pour fournir les codes locaux, ponctuel (C p_i) et delta (Δi) pour les N corrélateurs du sous-ensemble S_i considéré.

6. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte un premier (S_1), un deuxième (S_2) et un troisième (S_3) sous-ensemble de réception ayant trois canaux corrélateurs chacun pour recevoir trois satellites .

7. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 6, caractérisé en ce que les premier (S_1), deuxième (S_2), et troisième sous-ensembles (S_3) du récepteur comportent respectivement un premier (C11),

un deuxième (C22) et un troisième (C33) canaux corrélateurs de signal attaqués à leur entrée de réception (E_r) par le signal S_r reçu par le récepteur, chaque sous-ensemble comportant en outre :

- dans le premier sous-ensemble (S1), deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C12 et C13 attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux S_{lo2} , S_{lo3} issus respectivement d'un multiplicateur M2 et d'un multiplicateur M3, le signal S_{lo2} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l2} par le code ponctuel Cp_2 du deuxième satellite et le signal S_{lo3} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l3} par le code ponctuel Cp_3 du troisième satellite ;

- dans le deuxième sous-ensemble (S2), deux autres canaux corrélateurs supplémentaires C21 et C23 attaqués respectivement à leur entrée de réception par des signaux locaux S_{lo1} , S_{lo3} issus respectivement d'un multiplicateur M1 et du multiplicateur M3, le signal S_{lo1} résultant de la modulation de la porteuse locale F_{l1} par le code ponctuel Cp_1 du premier satellite ;

- dans le troisième sous-ensemble (S3), deux autres canaux corrélateurs supplémentaire C31 et C32 attaqués à leur entrée de réception par les signaux locaux S_{lo1} , S_{lo2} issus respectivement des multiplicateurs M1 et M2 ;

chaque corrélateur de chacun des sous-ensembles comportant :

- la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature (12) entre le signal à leur entrée de réception et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus), F_{l1} , F_{Q1} pour le premier sous-ensemble (S1), F_{l2} , F_{Q2} pour le deuxième (S2) et F_{l3} , F_{Q3} pour le troisième (S3), ces porteuses étant générées respectivement, pour chacun des sous-ensembles (S1, S2 et S3), par un premier (OP1), un deuxième (OP2) et un troisième (OP3) oscillateurs à commande numérique de porteuse (NCO p) ;

- la voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse en phase et en quadrature avec les codes locaux, ponctuel (Cp_1 , Cp_2 , Cp_3) et delta (Δ_1 , Δ_2 , Δ_3) des satellites respectivement d'ordre 1, 2, 3, fournis par un générateur numérique de codes locaux (OC1, OC2 et OC3) respectivement pour chaque sous-ensemble ;

- un intégrateur par canal corrélateur pour fournir respectivement des signaux I_{P1x} , $I_{\Delta1x}$, Q_{P1x} , $Q_{\Delta1x}$ en sortie du canal corrélateur $C1x$; I_{P2x} , $I_{\Delta2x}$, Q_{P2x} , $Q_{\Delta2x}$, en sortie canal corrélateur $C2x$ et I_{P3x} , $I_{\Delta3x}$, Q_{P3x} , $Q_{\Delta3x}$ en sortie canal corrélateur $C3x$, avec $x=1, 2, 3$,
- 5 chaque sous-ensemble de trois corrélateurs comportant :
 - un correcteur ($Cr1$, $Cr2$, $Cr3$) de corrélations fournissant à partir des signaux I_{Pix} , $I_{\Delta ix}$, Q_{Pix} , $Q_{\Delta ix}$, avec $i=1, 2, 3$, en sortie des N canaux corrélateurs du sous-ensemble considéré ($S1$, $S2$, $S3$) et des signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu (d'ordre x) des autres
 - 10 sous-ensembles (Sx), des signaux corrigés, $I_{P1'}$, $I_{\Delta1'}$, $Q_{P1'}$, $Q_{\Delta1'}$ en sortie du premier correcteur $Cr1$, $I_{P2'}$, $I_{\Delta2'}$, $Q_{P2'}$, $Q_{\Delta2'}$ en sortie du deuxième correcteur $Cr2$, $I_{P3'}$, $I_{\Delta3'}$, $Q_{P3'}$, $Q_{\Delta3'}$ en sortie du troisième correcteur $Cr3$, les signaux I_{Pxx} , Q_{Pxx} , en sortie des canaux corrélateurs de signal reçu, attaquant les
 - 15 correcteurs, étant les signaux I_{P22} , I_{P33} , Q_{P22} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr1$, I_{P11} , I_{P33} , Q_{P11} , Q_{P33} pour le correcteur $Cr2$ et I_{P11} , I_{P22} , Q_{P11} , Q_{P22} pour le correcteur $Cr3$,
 - un discriminateur de porteuse ($DP1$, $DP2$, $DP3$) fournissant respectivement à travers un correcteur de boucle de porteuse ($CBP1$, $CBP2$, $CBP3$) un signal de contrôle (V_{cp1} , V_{cp2} , V_{cp3}) du respectif l'oscillateur à
 - 20 commande numérique de porteuse ($OP1$, $OP2$, $OP3$) ($NCO\ p$) pour fournir des porteuses locales F_{11} , F_{Q1} , pour le premier sous-ensemble ($S1$), F_{12} , F_{Q2} pour le deuxième sous-ensemble ($S2$) et F_{13} , F_{Q3} pour le troisième sous-ensemble ($S3$);
 - un discriminateur de boucle de code ($DC1$, $DC2$, $DC3$)
 - 25 fournissant respectivement à travers un correcteur de boucle de code ($CBC1$, $CBC2$, $CBC3$) un respectif signal de contrôle V_{cc1} , V_{cc2} , V_{cc3} du générateur numérique de codes locaux ($OC1$, $OC2$, $OC3$) ($NCO\ c$) pour fournir les codes locaux, ponctuel et delta ($Cp1$, $\Delta1$) pour les trois corrélateurs du premier sous-ensemble ($S1$), ($Cp2$, $\Delta2$) pour les trois
 - 30 corrélateurs du deuxième sous-ensemble ($S2$) et ($Cp3$, $\Delta3$) pour les trois corrélateurs du troisième sous-ensemble ($S3$).

8. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce qu'il est configuré pour effectuer les

35 corrections suivantes :

pour le premier satellite Sat1 :

- sur la voie ponctuelle :

$$\begin{aligned} 5 \quad I_{P1}' &= I_{P11} - I_{P22} \cdot I_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{P13} \cdot 2/T \\ Q_{P1}' &= Q_{P11} - I_{P22} \cdot Q_{P12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{P13} \cdot 2/T \end{aligned}$$

- sur la voie delta :

$$\begin{aligned} 10 \quad I_{\Delta1}' &= I_{\Delta11} - I_{P22} \cdot I_{\Delta12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot I_{\Delta13} \cdot 2/T \\ Q_{\Delta1}' &= Q_{\Delta11} - I_{P22} \cdot Q_{\Delta12} \cdot 2/T - I_{P33} \cdot Q_{\Delta13} \cdot 2/T ; \end{aligned}$$

- soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$\begin{aligned} 15 \quad I_{P1}' + jQ_{P1}' &= I_{P11} + jQ_{P11} - I_{P22} (I_{P12} + jQ_{P12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{P13} + jQ_{P13}) \cdot 2/T \\ I_{\Delta1}' + jQ_{\Delta1}' &= I_{\Delta11} + jQ_{\Delta11} - I_{P22} (I_{\Delta12} + jQ_{\Delta12}) \cdot 2/T - I_{P33} (I_{\Delta13} + jQ_{\Delta13}) \cdot 2/T \end{aligned}$$

avec $\frac{T}{2} = \int_0^T (\text{signal local}(t))^2 dt$, T période d'intégration de l'intégrateur (20) .

20

9. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que dans le cas où les porteuses locales ne sont pas tout à fait en phase avec les porteuses reçues on montre que :

pour le premier satellite Sat1 :

- sur la voie ponctuelle :

$$\begin{aligned} 30 \quad I_{P1}' &= I_{P11} - (I_{P22} \cdot I_{P12} - Q_{P22} \cdot Q_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot I_{P13} - Q_{P33} \cdot Q_{P13}) \cdot 2/T \\ Q_{P1}' &= Q_{P11} - (I_{P22} \cdot Q_{P12} + Q_{P22} \cdot I_{P12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot Q_{P13} + Q_{P33} \cdot I_{P13}) \cdot 2/T \end{aligned}$$

- sur la voie delta :

$$\begin{aligned} 35 \quad I_{\Delta1}' &= I_{\Delta11} - (I_{P22} \cdot I_{\Delta12} - Q_{P22} \cdot Q_{\Delta12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot I_{\Delta13} - Q_{P33} \cdot Q_{\Delta13}) \cdot 2/T \\ Q_{\Delta1}' &= Q_{\Delta11} - (I_{P22} \cdot Q_{\Delta12} + Q_{P22} \cdot I_{\Delta12}) \cdot 2/T - (I_{P33} \cdot Q_{\Delta13} + Q_{P33} \cdot I_{\Delta13}) \cdot 2/T \end{aligned}$$

- soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

$$\begin{aligned} 40 \quad I_{P1}' + jQ_{P1}' &= I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})2/T \\ I_{\Delta1}' + jQ_{\Delta1}' &= I_{\Delta11} + jQ_{\Delta11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta12} + jQ_{\Delta12})2/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta13} + jQ_{\Delta13})2/T \end{aligned}$$

pour le deuxième satellite Sat2 :

$$\begin{aligned} I_{P2}' + jQ_{P2}' &= I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P21} + jQ_{P21})/2T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/2T \\ 5 \quad I_{\Delta2}' + jQ_{\Delta2}' &= I_{\Delta22} + jQ_{\Delta22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta21} + jQ_{\Delta21})/2T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta23} + jQ_{\Delta23})/2T \end{aligned}$$

et en ce que pour le troisième satellite Sat3 :

$$\begin{aligned} I_{P3}' + jQ_{P3}' &= I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P31} + jQ_{P31})/2T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P32} + jQ_{P32})/2T \\ 10 \quad I_{\Delta3}' + jQ_{\Delta3}' &= I_{\Delta33} + jQ_{\Delta33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta31} + jQ_{\Delta31})/2T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta32} + jQ_{\Delta32})/2T \end{aligned}$$

et en ce qu'en généralisant :

- sur la voie ponctuelle :

15

$$\begin{aligned} I_{Pi}' &= I_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot I_{Pix} - Q_{Pxx} \cdot Q_{Pix}) \cdot 2/T \\ Q_{Pi}' &= Q_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot Q_{Pix} + Q_{Pxx} \cdot I_{Pix}) \cdot 2/T \end{aligned}$$

- sur la voie delta :

20

$$\begin{aligned} I_{\Delta i}' &= I_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot I_{\Delta ix} - Q_{Pxx} \cdot Q_{\Delta ix}) \cdot 2/T \\ Q_{\Delta i}' &= Q_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} \cdot Q_{\Delta ix} + Q_{Pxx} \cdot I_{\Delta ix}) \cdot 2/T \end{aligned}$$

soit en notation complexe, avec $j^2 = -1$:

25

$$\begin{aligned} I_{Pi}' + jQ_{Pi}' &= I_{Pii} + jQ_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} + jQ_{Pxx})(I_{Pix} + jQ_{Pix})/2T \\ I_{\Delta i}' + jQ_{\Delta i}' &= I_{\Delta ii} + jQ_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Pxx} + jQ_{Pxx})(I_{\Delta ix} + jQ_{\Delta ix})/2T \end{aligned}$$

30

10. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chaque canal corrélateur (50) fonctionne avec un signal reçu (Br) en bande de base, sous forme de deux signaux I et Q en quadrature.

35

11. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 10, caractérisé en ce que le canal corrélateur (50) en bande de

base comporte une voie de corrélation (52) en phase et en quadrature entre le signal reçu en bande de base, sous forme de deux signaux I et Q en quadrature, et deux respectives porteuses locales F_I , F_Q , ces porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) étant générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (54) (NCO p) du récepteur.

12. Récepteur de positionnement par satellite selon la revendication 11, caractérisé en ce que le récepteur en bande de base comporte N sous-ensembles de réception pour N satellites reçus, chaque sous-ensemble S_i de rang i, avec $i = 2, 3, \dots N$, comporte un canal corrélateur C_{ii} pour un satellite reçu $S_{at i}$ et N-1 corrélateurs supplémentaires C_{i1} , C_{ix} , ... C_{iN} pour les satellites supplémentaires S_{at1} , S_{atx} , ... S_{atN} , avec x différent de i, le canal corrélateur C_{ii} et les canaux supplémentaires de chaque sous-ensemble S_i comportant en outre :

15 - un premier M_{li} et un second M_{Qi} multiplicateurs fournissant pour les autres sous-ensembles du récepteur un premier SL_{li} et un second SL_{Qi} signaux locaux résultant de la modulation des signaux en quadrature F_{Qi} et F_{li} de la porteuse locale par le code ponctuel C_{pi} du sous-ensemble considéré, pour effectuer la corrélation de code modulé par la porteuse du satellite considéré avec les codes modulés par la porteuse des autres satellites.

13. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qu'il est configuré pour effectuer les corrections suivantes :

pour le premier satellite S_{at1} :

$$I_{P1'} + jQ_{P1'} = I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T$$

$$I_{\Delta1'} + jQ_{\Delta1'} = I_{\Delta11} + jQ_{\Delta11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta12} + jQ_{\Delta12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta13} + jQ_{\Delta13})/T$$

14. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 3 à 13, caractérisé en ce que la voie delta est reconstituée en sortie des corrélateurs par les formules :

$$I_{\Delta ix} = I_{Aix} - I_{Rix}$$

$$Q_{\Delta ix} = Q_{Aix} - Q_{Rix}$$

15. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que, pour économiser des corrélateurs, les inter-corrélations sont calculées par :

5

- pour le premier satellite Sat1, par $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{12}$ et $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{13}$ en plus de $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{11}$

$$10 \quad \begin{aligned} I_{P1}' + jQ_{P1}' &= I_{P11} + jQ_{P11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P12} + jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P13} + jQ_{P13})/T \\ I_{\Delta1}' + jQ_{\Delta1}' &= I_{\Delta11} + jQ_{\Delta11} - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta12} + jQ_{\Delta12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta13} + jQ_{\Delta13})/T \end{aligned}$$

- pour le deuxième satellite Sat2, par $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{23}$ en plus de $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{22}$

$$15 \quad \begin{aligned} I_{P2}' + jQ_{P2}' &= I_{P22} + jQ_{P22} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P12} - jQ_{P12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{P23} + jQ_{P23})/T \\ I_{\Delta2}' + jQ_{\Delta2}' &= I_{\Delta22} + jQ_{\Delta22} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta12} - jQ_{\Delta12})/T - (I_{P33} + jQ_{P33})(I_{\Delta23} + jQ_{\Delta23})/T \end{aligned}$$

et en ce que pour le troisième satellite St3, on ne calcule rien de plus que $(I_P, I_\Delta, Q_P, Q_\Delta)_{33}$

20

$$\begin{aligned} I_{P3}' + jQ_{P3}' &= I_{P33} + jQ_{P33} - (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{P13} - jQ_{P13})/T - (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{P23} - jQ_{P23})/T \\ I_{\Delta3}' + jQ_{\Delta3}' &= I_{\Delta33} + jQ_{\Delta33} + (I_{P11} + jQ_{P11})(I_{\Delta13} - jQ_{\Delta13})/T + (I_{P22} + jQ_{P22})(I_{\Delta23} - jQ_{\Delta23})/T \end{aligned}$$

et en ce qu'en généralisant t, pour $x > i$:

25

$$\begin{aligned} I_{Pxi} &= + I_{Pix} \\ Q_{Pxi} &= - Q_{Pix} \\ I_{\Delta xi} &= - I_{\Delta ix} \\ Q_{\Delta xi} &= + Q_{\Delta ix} \end{aligned}$$

30

16. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'afin d'améliorer la précision de l'estimation de l'amplitude complexe des signaux reçus respectivement des satellites i, on remplace les termes I_{Pii} et Q_{Pii} dans les formules, par les termes I_{Pi}' et Q_{Pi}' , les formules devenant alors :

35

$$I_{Pi}' + j Q_{Pi}' = I_{Pii} + j Q_{Pii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px}') (I_{Pix} + j Q_{Pix}) / 2T$$

$$I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}' = I_{\Delta ii} + j Q_{\Delta ii} - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px}') (I_{\Delta ix} + j Q_{\Delta ix}) / 2T$$

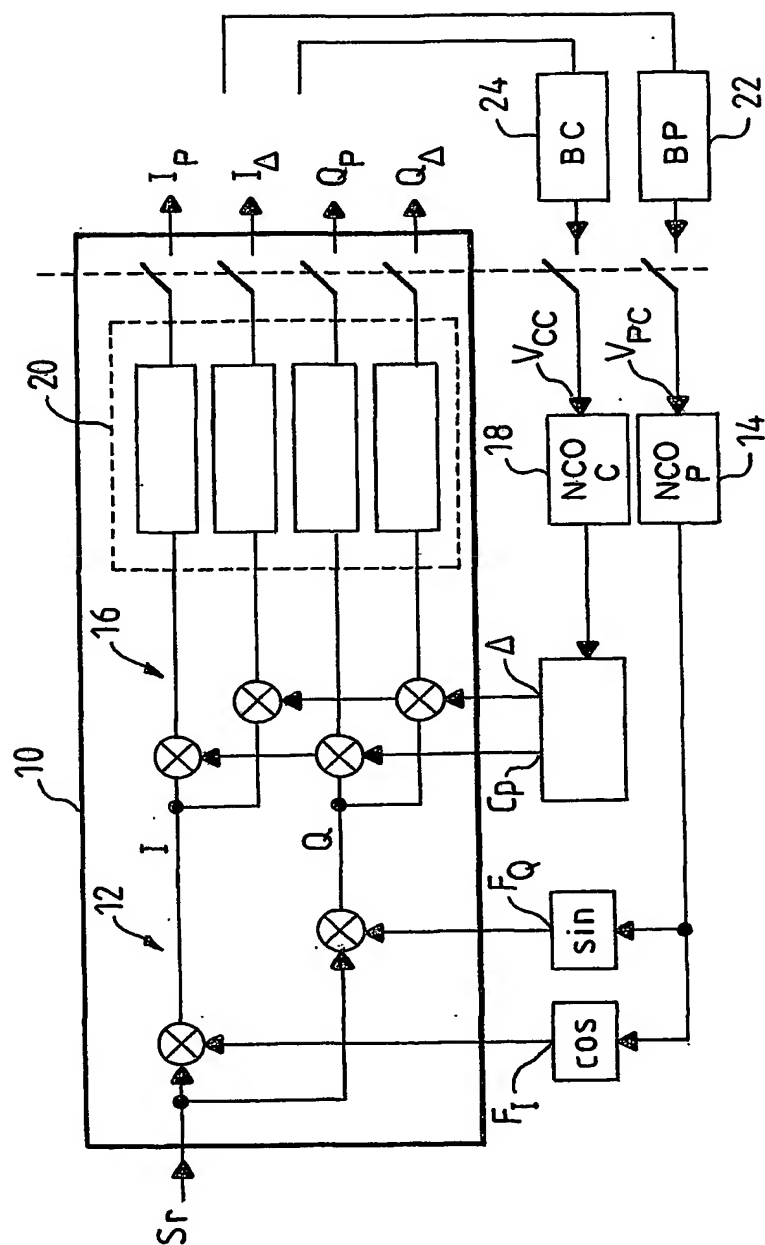
17. Récepteur de positionnement par satellite selon la
 5 revendication 16, caractérisé en ce qu'on utilise, à chaque itération du calcul, les termes corrigés I_{Pi}' et Q_{Pi}' de l'itération précédente, en initialisant le calcul avec des termes I_{Pii} et Q_{Pii} non corrigés, après la phase d'acquisition et de convergence :

$$10 \quad (I_{Pi}' + j Q_{Pi}')_n = (I_{Pii} + j Q_{Pii})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px}')_{n-1} \cdot (I_{Pix} + j Q_{Pix})_n \cdot 2/T$$

$$(I_{\Delta i}' + j Q_{\Delta i}')_n = (I_{\Delta ii} + j Q_{\Delta ii})_n - \sum_{\text{sur } x \text{ différent de } i} (I_{Px}' + j Q_{Px}')_{n-1} \cdot (I_{\Delta ix} + j Q_{\Delta ix})_n \cdot 2/T$$

18. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des
 15 revendications 1 à 17, caractérisé en ce lorsque le signal reçu est filtré (spectre limité), on applique le même filtrage aux signaux locaux.

19. Récepteur de positionnement par satellite selon l'une des
 revendications 1 à 18, caractérisé en ce qu'on acquiert un premier satellite,
 20 sans correction, par un processus de recherche classique en boucle ouverte, en ce qu'à l'issue de ce processus on passe en poursuite, on en déduit le signal local de ce premier satellite et on corrige les inter-corrélations sur les autres canaux en phase de recherche (en boucle ouverte) et en ce qu'à
 chaque fois qu'un nouveau satellite est acquis et poursuivi, on calcule et on
 25 applique les corrections d'intercorrélacion sur les mesures de tous les autres satellites déjà poursuivis.



१७६

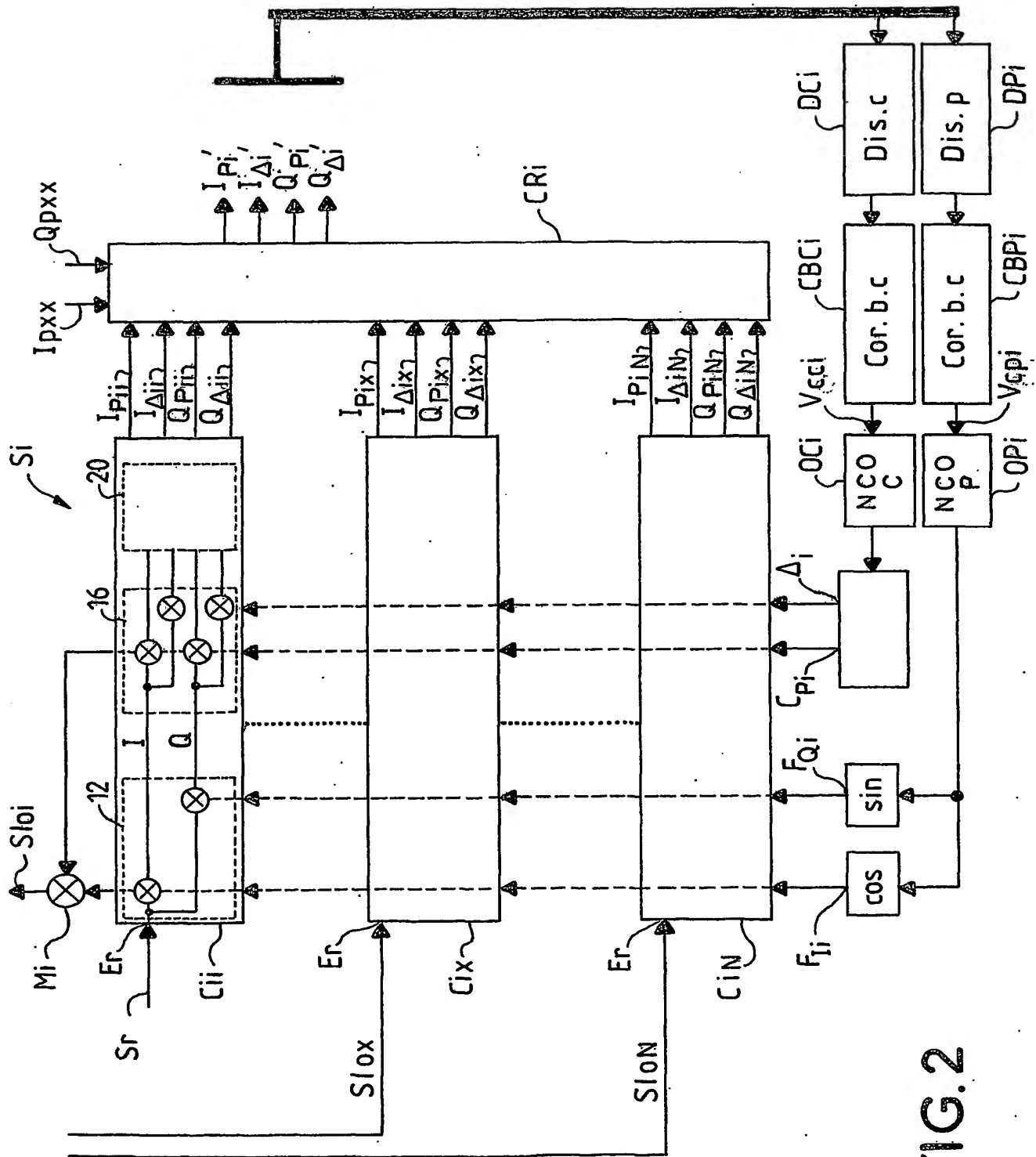


FIG. 2

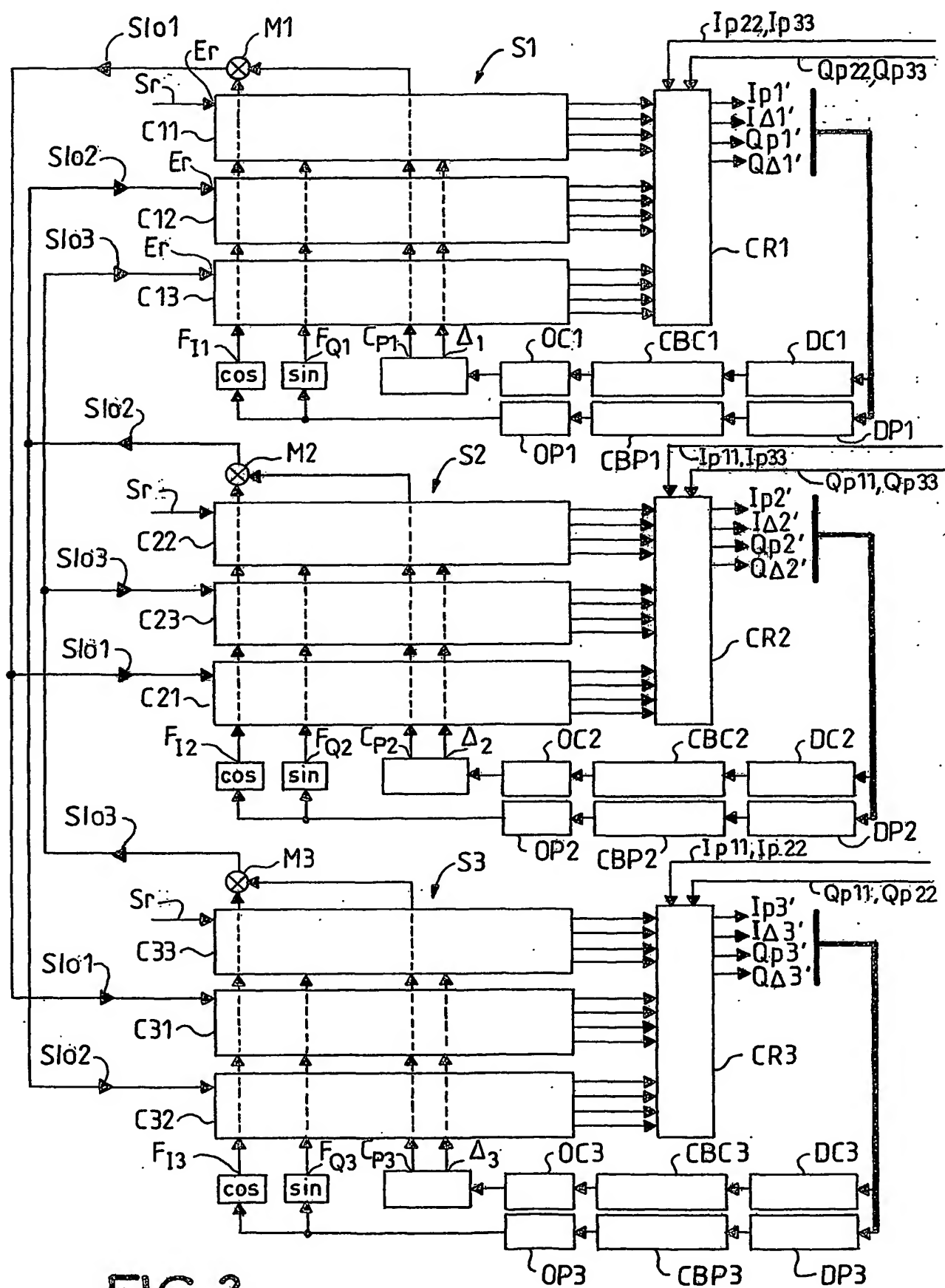


FIG. 3

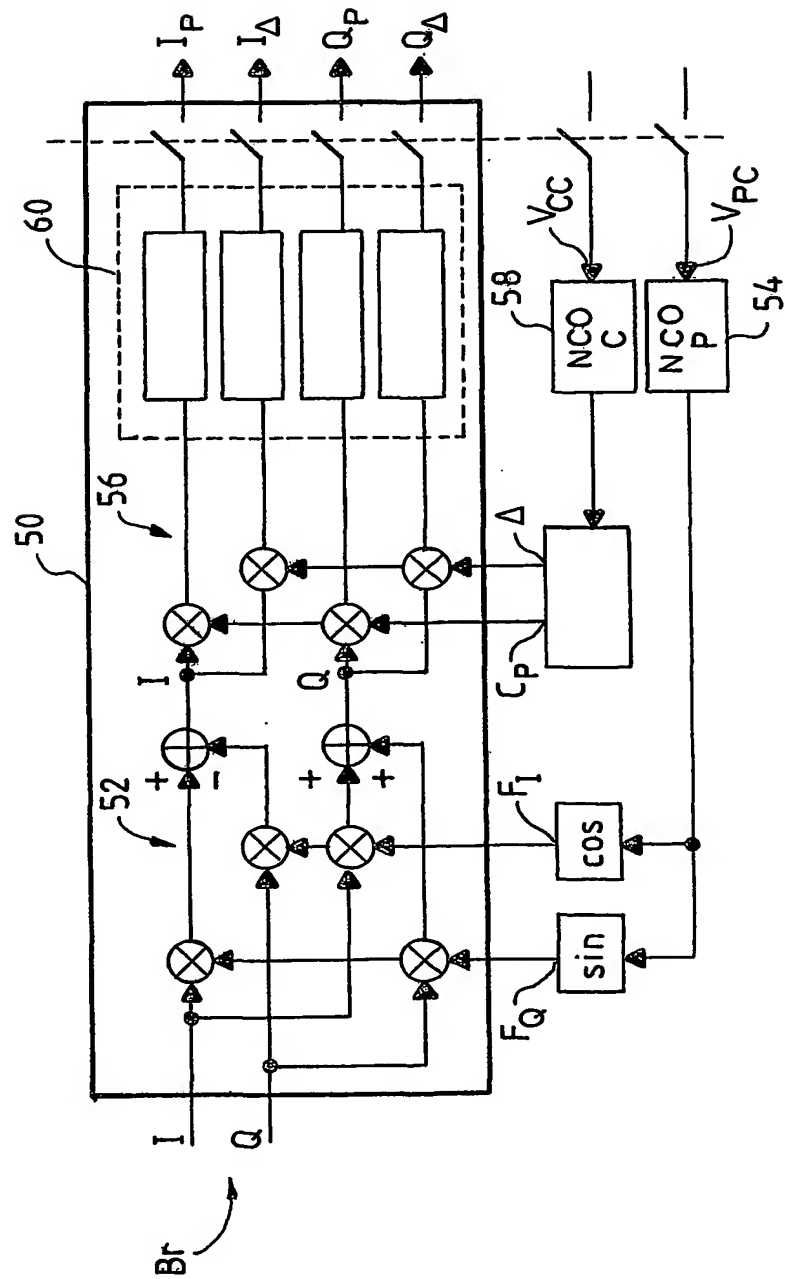
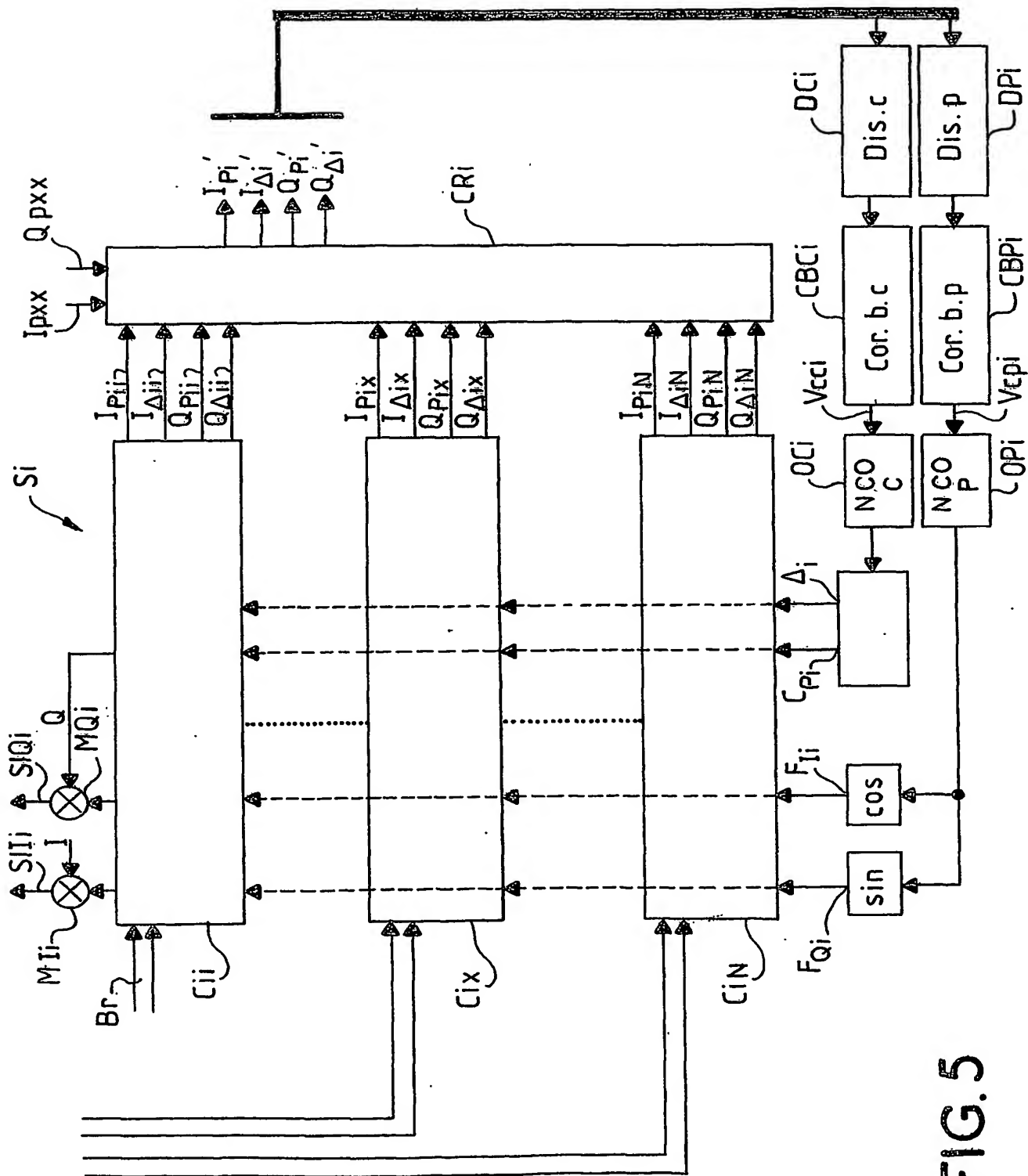


FIG. 4



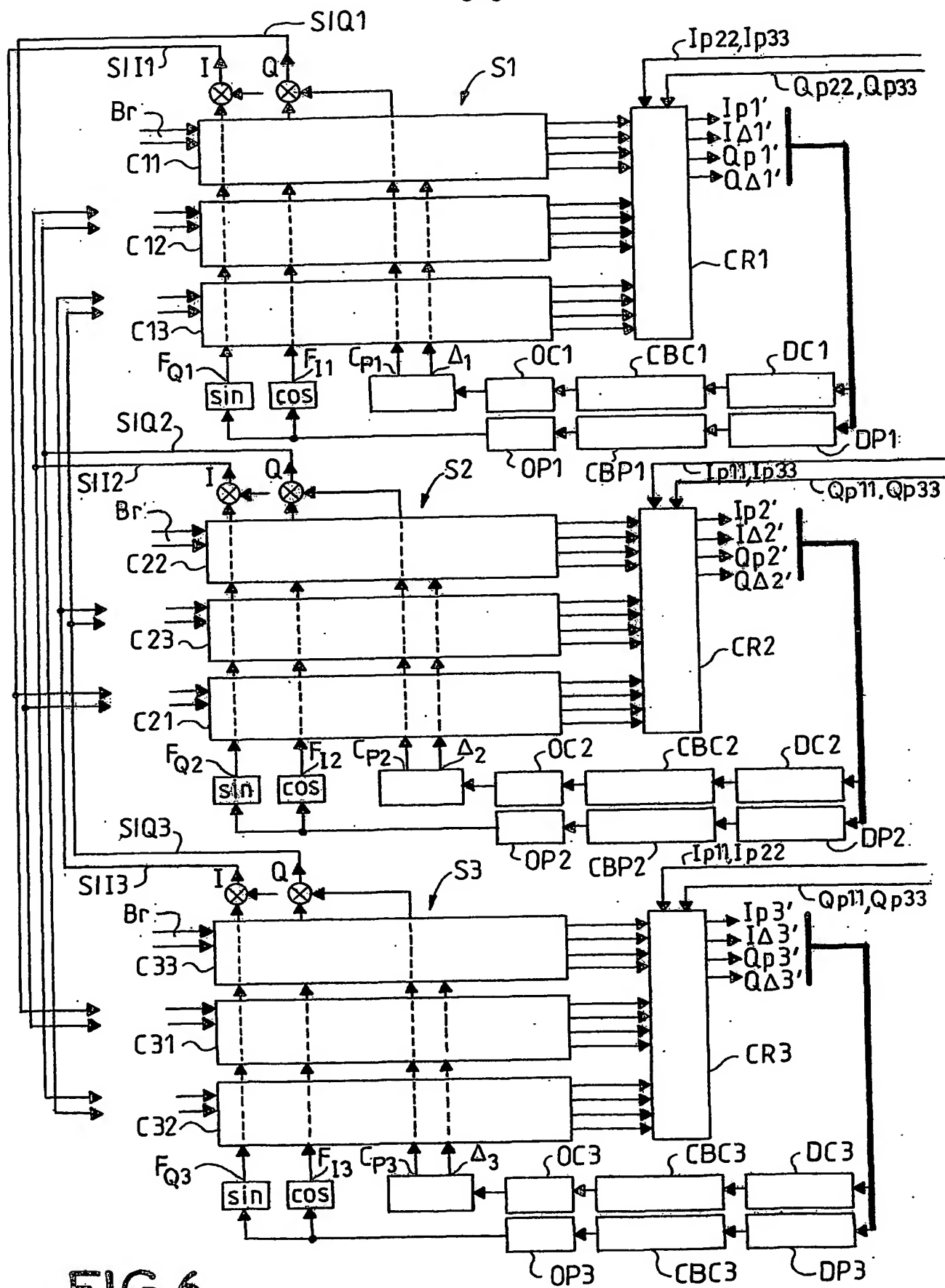


FIG. 6

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
26 février 2004 (26.02.2004)

PCT

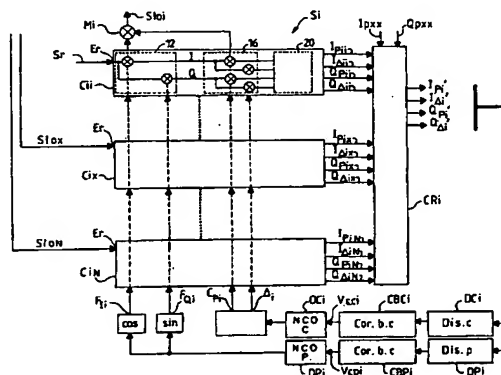
(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/017089 A3

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G01S 1/04 (72) Inventeur; et
(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2003/002288 (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MARTIN, Nicolas [FR/FR]; Thales Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).
(22) Date de dépôt international : 18 juillet 2003 (18.07.2003) (74) Mandataires : DOMINGUEZ, Mariano etc.; Thales Intellectual Property, 31-33, avenue Aristide Briand, F-94117 Arcueil Cedex (FR).
(25) Langue de dépôt : français (81) États désignés (national) : CA, US.
(26) Langue de publication : français (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
(30) Données relatives à la priorité : 02/10276 13 août 2002 (13.08.2002) FR
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: GLOBAL POSITIONING RECEIVER WITH CROSS-CORRELATION ERROR CORRECTION

(54) Titre : RECEPTEUR DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE AVEC CORRECTION D'ERREURS D'INTER-CORRELATION



(57) Abstract: The invention relates to a global positioning receiver which receives signals from different satellites and which comprises one correlation channel, Cii, per satellite received. According to the invention, each correlator channel Cii comprises: a phase and quadrature correlation channel (12) for correlation between the received signal (Sr) and two respective local quadrature carriers (sine, cosine) that are generated by a digitally-controlled carrier oscillator (OPi)(NCOp); a code correlation channel (16) for code correlation of the output signals, I, Q, from the carrier correlation channel with the local codes (Cp_i, ?_i) supplied by a digital generator of local codes OC_i; and an integrator (20) which, for each local code, supplies output signals, I_c Q_c, from correlator channel Cii of the satellite received, c denoting each of the local codes. For each channel used to correlate the signal received from a satellite, the inventive receiver comprises as many additional correlator channels as there are additional received satellites and the local point code of the received satellite is correlated with the local codes of other additional satellites. The invention can be used for EGNOS (RIMS), WAAS, GALILEO ground stations.

(57) Abrégé : L'invention concerne un récepteur de positionnement par satellite recevant des signaux de différents satellites, comportant un canal de corrélation Cii par satellite reçu, chaque canal corrélateur Cii ayant: une voie de corrélation en phase et en quadrature (12) entre le signal reçu (Sr) et deux respectives porteuses locales en quadrature (sinus, cosinus) générées par un oscillateur à commande numérique de porteuse (OPi) (NCOp); une voie de corrélation de code (16) à partir des signaux I, Q en sortie de la voie de corrélation de porteuse avec les codes locaux fournis (Cp_i, Δ_i)

[Suite sur la page suivante]



Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(88) Date de publication du rapport de recherche

internationale:

13 mai 2004

par un générateur numérique de codes locaux OC_i; un intégrateur (20) pour fournir, pour chaque code local, des signaux I_c Q_c en sortie du canal corrélateur C_{ii} du satellite reçu, c désignant chacun des codes locaux, Le récepteur selon l'invention comporte, pour chaque canal corrélateur de signal reçu d'un satellite, autant de canaux corrélateurs supplémentaires que de satellites supplémentaires reçus, et l'on corrèle le code local ponctuel du satellite reçu avec les codes locaux des autres satellites supplémentaires.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/FR 03/02288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01S1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 313 786 B1 (KRASNER NORMAN F ET AL) 6 November 2001 (2001-11-06) column 8, line 57 - line 62 column 13, line 13 - column 14, line 23 column 15, line 33 - line 47; figure 7	1-19
A	US 5 694 416 A (JOHNSON RUSSELL K) 2 December 1997 (1997-12-02) figures 2,3	1-19
E	US 2002/167995 A1 (FARINE PIERRE-ANDRE ET AL) 14 November 2002 (2002-11-14) figure 3	1-19

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 November 2003

Date of mailing of the international search report

08/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Saur, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

PCT/FR 03/02288

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6313786	B1	06-11-2001	US 6236354 B1	22-05-2001
			AU 3349800 A	18-08-2000
			CA 2359662 A1	03-08-2000
			CN 1351716 T	29-05-2002
			EP 1166145 A2	02-01-2002
			JP 2003514215 T	15-04-2003
			NO 20013755 A	25-09-2001
			WO 0045191 A2	03-08-2000
			US 2002050944 A1	02-05-2002
US 5694416	A	02-12-1997	NONE	
US 2002167995	A1	14-11-2002	CA 2384228 A1	04-11-2002
			CN 1384369 A	11-12-2002
			JP 2003028945 A	29-01-2003

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 03/02288

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01S1/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 313 786 B1 (KRASNER NORMAN F ET AL) 6 novembre 2001 (2001-11-06) colonne 8, ligne 57 - ligne 62 colonne 13, ligne 13 - colonne 14, ligne 23 colonne 15, ligne 33 - ligne 47; figure 7	1-19
A	US 5 694 416 A (JOHNSON RUSSELL K) 2 décembre 1997 (1997-12-02) figures 2,3	1-19
E	US 2002/167995 A1 (FARINE PIERRE-ANDRE ET AL) 14 novembre 2002 (2002-11-14) figure 3	1-19

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 novembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/04/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Saur, E

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

PCT/FR 03/02288

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6313786	B1	06-11-2001	US 6236354 B1	22-05-2001
			AU 3349800 A	18-08-2000
			CA 2359662 A1	03-08-2000
			CN 1351716 T	29-05-2002
			EP 1166145 A2	02-01-2002
			JP 2003514215 T	15-04-2003
			NO 20013755 A	25-09-2001
			WO 0045191 A2	03-08-2000
			US 2002050944 A1	02-05-2002
US 5694416	A	02-12-1997	AUCUN	
US 2002167995	A1	14-11-2002	CA 2384228 A1	04-11-2002
			CN 1384369 A	11-12-2002
			JP 2003028945 A	29-01-2003